

ASPECTOS BIOMECÂNICOS ENTRE USUÁRIOS DA CADEIRA DE RODAS *HANDCYCLE* E CONVENCIONAL

Cesar Augusto Otero Vaghetti¹, Marina Arejano Medeiros², Lauro Roberto Witt³

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi verificar os aspectos relacionados à eficiência biomecânica, acessibilidade e às lesões mais frequentes entre usuários da *Handcycle* e da Cadeira de Rodas Convencional. Foi utilizada uma amostra de oito usuários escolhidos intencionalmente, sendo utilizado como instrumento de pesquisa um questionário contendo perguntas abertas e fechadas. Foram investigadas as características físicas dos indivíduos, eficiência biomecânica da *Handcycle*, vantagens e desvantagens desse tipo de cadeira, características da cadeira de rodas, problemas encontrados nas ruas e lesões mais comuns. Uma estatística descritiva foi utilizada, com média, desvio padrão e coeficiente de variação, para a caracterização da amostra investigada. Foi identificado um tempo médio de uso da *Handcycle* de seis horas para deslocamentos diários. A comparação entre *Handcycle* e Cadeira de Rodas Convencional, para os aspectos de eficiência biomecânica, estabilidade e facilidade de transpor obstáculos nas ruas e calçadas, utilizando uma escala verbal de cinco pontos, demonstrou uma grande vantagem para a *Handcycle*, já que em todos os índices a média foi superior a quatro, em relação à Cadeira de Rodas Convencional, que esteve sempre abaixo de três. Outro dado importante refere-se à não ocorrência de lesões com o uso da *Handcycle* em nenhum usuário pesquisado. Portanto conhecer aspectos relacionados à ergonomia das *Handcycle* pode contribuir para o desenvolvimento de novos implementos. O desenvolvimento da aptidão física proporciona uma melhora na qualidade de vida dos usuários de *Handcycle*, que em função dos benefícios da mesma podem também podem utilizá-la como instrumento de trabalho.

Palavras-chave: ergonomia; acessibilidade; cadeirantes.

BIOMECHANICAL ASPECTS BETWEEN THE HANDCYCLE WHEEL CHAIR USERS AND CONVENTIONAL

ABSTRACT

The objective of this work was to verify the aspects related to the biomechanical efficiency, accessibility and the most frequent lesions between users of Handcycle and the Conventional Wheelchair. A sample of eight users intentionally chosen, being utilized as instrument of research a questionnaire. The physical characteristics of the individuals, the biomechanical efficiency of Handcycle, the advantages and disadvantages of this kind of wheelchair, the characteristics of the wheelchair, the problems found in the streets and the most common lesions were investigated. It was identified that the average time of use of Handcycle is of almost six hours for daily dislocations. The comparison between Handcycle and Conventional Wheelchair, for the aspects of biomechanical efficiency, stability and facility to transpose obstacles in the streets and sidewalks, utilizing a scale of one to five, as demonstrated a great advantage for Handcycle, because that in every rate the average was greater than four, in relation to Conventional Wheelchair that was always below three. Another important data was in relation to the non-occurrence of lesions with the use of Handcycle in none one of the users researched. Knowing the related aspects to the ergonomics of the handcycle wheelchairs, may contribute to the development of new implements. Besides that, the development of physical aptitude proportionate a better quality of life for the users of Handcycle, that in function of its benefices can also utilize the chair as a work instrument.

Keywords: ergonomics; accessibility; wheelchairs user

¹ Doutorado em Educação em Ciências - PPGE/C/FURG – RS; Docente da Escola Superior de Educação Física – ESEF- RS

² Mestrado em Ciências da Saúde no Programa de Pós Graduação em Ciências da Saúde - PPGCS - FURG – RS.

³ Doutorado em Engenharia de Produção – PPGE / UFSC. Docente do Departamento de Materiais e Construção – DMC -RS.

INTRODUÇÃO

No século XIX a sociedade começou a assumir a responsabilidade para com os grupos marginalizados, entre eles, os de pessoas com deficiências físicas¹. A partir de 1990 a educação inclusiva vem sendo proposta como parte de um contexto global na busca pela redução das desigualdades sociais e melhores condições para o indivíduo deficiente físico (DF)².

Pelo Censo do IBGE³, atualmente no Brasil existem 45 milhões de indivíduos com pelo menos uma deficiência, representando 23,9% da população, dos quais 40% apresentam algum tipo de problema relacionado à locomoção, incluindo tetraplegia, paraplegia, hemiplegia ou a falta de algum membro. Diante disso, a acessibilidade tornou-se um fator fundamental para o desenvolvimento das relações da sociedade para com o deficiente físico, incluindo vários fatores como emprego, saúde, educação, reabilitação e lazer⁴⁻⁵. A Norma Brasileira de Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos define acessibilidade como “possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização com segurança e autonomia de edificações, espaço, mobiliário, equipamento urbano e elementos”⁶.

A fabricação de equipamentos e implementos, na área da Engenharia e da Biomecânica também tem contribuído para a adaptação do deficiente físico (DF) ao meio ambiente e social, possibilitando, inclusive, a realização das tarefas rotineiras ao longo do dia⁷. Os equipamentos internos, segundo Zavaglia⁸, são chamados de biomateriais e foram desenvolvidos com a finalidade de restauração das funções dos tecidos ou órgãos do corpo humano; já os equipamentos externos, mais simples de serem manuseados, em sua maioria são produtos que auxiliam na marcha humana e na movimentação ou deslocamento dos segmentos corporais.

A cadeira de rodas (CR) é um importante equipamento auxiliar no transporte de pessoas, permitindo o deslocamento em áreas públicas, dentro de suas residências ou em locais de trabalho. Esse tipo de implemento é um bom exemplo de simbiose entre homem e máquina, pois a força motriz que movimenta o referido sistema depende do homem, e consequentemente das resistências mecânicas e facilidades de operação nos comandos da cadeira. O respeito aos princípios ergonômicos no projeto das CR é fundamental para a biomecânica do movimento; um sistema de transmissão de força, segundo Wilson⁹, deve considerar três aspectos: o mecanismo responsável pela produção do torque resultante, o conforto e a segurança da CR.

Dentre os diferentes tipos de CR, existe uma variação do tipo convencional, na qual o usuário não aplica a força diretamente nas rodas, mas em um sistema de transmissão mecânico, semelhante a uma bicicleta, porém acionado manualmente, onde as alavancas rotativas estão posicionadas na altura dos ombros, à frente da cadeira. Definida na literatura como *handcycle* (HC), essa CR é encontrada comumente nas cidades de Rio Grande e Pelotas, no Rio Grande do Sul. Witt *et al.*¹⁰ verificaram, através de observações empíricas, usuários deslocando-se nas mais variadas situações, tais como em calçadas, ruas, avenidas e em terrenos esburacados. Percebe-se também que as cadeiras em estudo são implementos desenvolvidos de forma artesanal, rústica e com peças adaptadas, sem qualquer estudo ergonômico ou biomecânico, possibilitando assim a ocorrência de uma série de complicações e transtornos para quem utiliza.

Alguns pesquisadores como Jansen *et al.*¹¹, têm relatado que esse tipo de cadeira proporciona uma eficiência biomecânica maior e consequentemente um menor esforço, podendo ser utilizada por indivíduos com aptidão física reduzida ou para melhorar o condicionamento físico. Os movimentos propulsivos entre a CRC e a HC são bem distintos, de uma maneira geral ambas as cadeiras exigem uma força tangencial à roda para o movimento. Na CRC a maiores componentes da força tangencial à roda são aplicadas na fase final dos movimentos de extensão do cotovelo, já a HC possui um sistema de transmissão de força¹², que permite maior eficiência biomecânica, pois tanto a extensão quanto a flexão do cotovelo é utilizada para gerar propulsão⁷. Além disso, as características antropométricas e fisiológicas do usuário devem se adaptar as variações no sistema de transmissão da HC, que pode ser síncrono (movimento em conjunto dos

membros superiores) e assíncrono (movimento alternado dos membros superiores) para uma melhor eficiência biomecânica.

As articulações requisitadas para gerar propulsão nas CRCs e HCs são os ombros, o cotovelo e o punho e são também as regiões mais lesadas em seus usuários. Dores no ombro e síndrome do túnel do carpo são problemas comuns em usuários¹³⁻¹⁴⁻¹⁵. As causas dessas lesões podem ter origem nas repetidas cargas durante os movimentos de propulsão suportado por uma articulação triaxial e de grande instabilidade como o ombro¹⁶. Quando essa estrutura passa a ser utilizada também para suporte, o que acontece com os usuários de CR, é frequente o aparecimento de lesões nos ombros com padrão diferente do encontrado no restante da população¹⁷.

Portanto, conhecer determinados aspectos do uso da HC pode ser fundamental para o desenvolvimento de novas cadeiras com uma ergonomia específica às situações encontradas nas cidades, além de proporcionar ao usuário o entendimento de uma boa postura e de uma técnica de acionamento mais eficiente. Assim, o objetivo desta pesquisa foi verificar os aspectos relacionados à eficiência biomecânica, acessibilidade e às lesões mais frequentes entre usuários da HC e da CRC, nas cidades de Pelotas e Rio Grande, RS.

MÉTODO

Este estudo possui características de uma pesquisa descritiva, pois os fatos ou fenômenos foram observados, registrados e analisados sem a interferência do pesquisador, cujo objetivo principal foi a descrição das características de determinada população ou fenômeno.

A amostra utilizada na pesquisa foi de oito usuários da HC, do sexo masculino e feminino, sem restrição de faixa etária, moradores das cidades de Rio Grande e Pelotas, escolhidos intencionalmente, devido à escassez de usuários da HC nas cidades investigadas. Estima-se para tal amostra uma população de 20 usuários da HC, conforme relato dos próprios entrevistados. Os procedimentos utilizados respeitam as normas internacionais de experimentação com seres humanos (Declaração de Helsinque); os sujeitos também assinaram termo de consentimento pelo qual foram informados sobre os procedimentos da pesquisa, armazenamento dos dados e disponibilização dos resultados.

Foi utilizado como instrumento de medida um questionário com perguntas abertas e fechadas e também uma escala verbal de cinco pontos, proposta por Linton & Götestam¹⁸, com categorias adjetivais, no qual os pesquisadores realizaram as entrevistas. Foram investigadas questões relacionadas à eficiência biomecânica da HC e da CRC, estabilidade, capacidade de transposição de obstáculos, vantagens e desvantagens da HC em relação à CRC, características da cadeira de rodas, principais problemas encontrados nas ruas e as lesões mais comuns. Uma estatística descritiva foi utilizada, com média, desvio padrão e coeficiente de variação, para a caracterização da amostra investigada.

RESULTADOS

Foram encontrados oito usuários da HC, até a conclusão da pesquisa apresentada, circulando pelas cidades de Rio Grande e Pelotas. Exemplos de HCs manufaturadas pelos próprios usuários podem ser vistas na Figura 1.



Figura 1 - Handcycle artesanal manufaturada pelo próprio usuário

Na Tabela 1 pode ser visto a descrição da amostra: a idade, a massa corporal, o tempo como usuário da HC e o tempo de uso diário da HC para deslocamento.

Tabela 1 - Descrição da amostra, média, desvio padrão e coeficiente de variação da idade; massa corporal; tempo como usuário da HC; e tempo de uso diário da HC para deslocamento.

	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Tempo como usuário da HC (anos)	Tempo de uso diário da HC para deslocamento (horas)
Média	46,29	49,71	17,86	5,87
DP(±)	10,39	8,36	10,51	3,04
CV(%)	22,44	16,82	58,86	51,82

A eficiência biomecânica, a estabilidade e a capacidade de transposição de obstáculos entre a HC e a CRC foram investigadas utilizando os seguintes atributos: 1-ruim, 2-regular, 3-bom, 4-muito bom e 5-ótimo. Na Tabela 2, podem ser vistas as médias dos valores atribuídos pelos sujeitos da pesquisa.

Tabela 2 - Valores médios atribuídos aos itens eficiência biomecânica, estabilidade e capacidade de transpor obstáculos nas ruas e calçadas.

	HC	CRC
Eficiência biomecânica	4,8	2,1
Estabilidade	4,6	2,1
Capacidade de transposição de obstáculos nas ruas e calçadas	4,7	1,7

Foram investigados também outros itens relacionados ao uso da HC, como suas vantagens e desvantagens, problemas encontrados nas ruas, atividades para o usuário, lesões mais comuns e sistemas de amortecimento de impacto, os quais podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3 - Aspectos qualitativos investigados entre a HC e a CRC

Aspectos investigados	Resultados obtidos
Principais vantagens da HC em relação à CRC	Possibilita uma maior segurança devido à maior estabilidade; em contrapartida a CRC apresenta uma grande dificuldade para transpor obstáculos, já que os usuários se equilibram em duas rodas. Maior velocidade no deslocamento, permitindo acesso a lugares mais distantes, bem como um maior condicionamento aeróbio devido ao exercício físico realizado.
Desvantagens da HC em relação à CRC	Menor acessibilidade aos ambientes internos, e dificuldade ou impossibilidade de acomodação da cadeira em veículos de transporte.
Principais problemas encontrados nas ruas	Buracos e demais irregularidades da pista de rolagem das vias, falta de educação no trânsito, baixa acessibilidade, ausência de vias específicas.
Quais atividades profissionais são vistas pelos cadeirantes com uso da HC como possibilidades	Vendedor ambulante, entregador de jornal, carteiro, tele-entregas, camelô, fazer propaganda com um alto-falante na cadeira andando pelas ruas.
Qual dos tipos de cadeira de rodas apresenta maiores lesões por tempo de uso?	Quatro indivíduos utilizaram a CRC, os quais relataram lesões no punho, articulação dos dedos, dor articular nos ombros e dor muscular no antebraço. Com relação à HC, nenhuma lesão foi citada.
Utiliza algum sistema de absorção de impacto para a coluna vertebral durante o deslocamento?	Todos os indivíduos relataram usar uma almofadada no assento para absorção dos impactos.

DISCUSSÃO

Os aspectos mais importantes desta pesquisa estão relacionados com a biomecânica da HC em relação à CRC. Os indivíduos relataram que as HC foram manufaturadas em suas próprias casas, com a ajuda de parentes e de pessoas com algum conhecimento a respeito da solda. Verificou-se uma diferença muito grande nas dimensões da cadeira entre as HC estudadas, tanto para acomodação (assento e encosto) e comandos do condutor, como no espaço ocupado no trânsito em vias públicas.

Os sistemas de transmissão encontrados nas HC desta pesquisa são do tipo corrente de rolos, semelhantes aos que são utilizados em bicicletas tradicionais. As HC investigadas não utilizaram qualquer norma técnica, ou ergonômica durante o desenvolvimento do sistema de transmissão, os quais apresentaram dois modelos distintos: um que utiliza apenas uma corrente e outro que possui duas correntes ligadas por um eixo intermediário, mantendo a relação de transmissão deste até o eixo da roda, conforme pode-se observar nas HCs da Figura 1.

Tomando como base o fato de a energia motriz ser humana, deve-se destacar o cuidado para a especificação tecnológica e o dimensionamento do sistema de transmissão, pois possíveis perdas ocasionadas pelo atrito podem levar a uma maior carga da estrutura osteo-musculo-articular do cadeirante, bem como um gasto energético maior para um indivíduo não-atleta. Segundo Wilson⁹ com relação a engrenagem motriz e motora há necessidade de a corrente mudar sua direção em aproximadamente 90 graus, facilitando a movimentação do sistema. Faïres¹⁹ afirma que é importante que os eixos estejam paralelos e as engrenagens de uma mesma corrente se posicionem em um único plano, tanto para aumentar a eficiência energética quanto para reduzir o desgaste das peças. Fato que não foi verificado, nas HC investigadas.

Esse tipo de transmissão é considerado adequado tendo em vista o seu custo, a facilidade de manutenção e de obtenção no mercado, a possibilidade de suportar cargas pontuais quando se

faz necessário vencer obstáculos específicos. No entanto, esse tipo de transmissão oferece risco ao usuário, pois tanto as engrenagens quanto as correntes das HC são peças metálicas em movimento que estão sempre expostas. Segundo Gustav¹², as engrenagens devem possuir capas protetoras e guias fechadas nas correntes, pois além da segurança, viabilizam maior lubrificação do conjunto, reduzindo o atrito e o desgaste das peças. O mesmo autor também afirma que a corrente sofre uma oscilação transversal, originada por causa da folga natural necessária e do seu desgaste, e do movimento oscilante do acionamento manual, problema que pode ser reduzido com a instalação de guias de borracha e esticadores elásticos.

O termo eficiência mecânica tem sido utilizado na literatura segundo Wilson⁹ como sendo o quociente entre a energia mecânica produzida na roda e a energia mecânica gerada (via metabolismo de produção de energia) na manivela ou na própria roda pelo usuário, no caso das HC e CRC. Dessa forma, quanto maior a eficiência mecânica, maior a economia de combustível humano, já que a resistência mecânica encontrada pelo usuário ao girar a manivela da HC é menor que a resistência encontrada na roda das CRC. Jansen *et al.*¹¹ relata que indivíduos com reduzida aptidão física têm migrado das CRC para as CR motorizadas, devido ao fato de que as CRC, além de não promoverem um melhor condicionamento físico, ainda estão associadas ao aparecimento de lesões no sistema articular dos membros superiores. Os mesmos pesquisadores também afirmam que, ao contrário da CRC, a HC promove um aumento do volume máximo de oxigênio consumido ($VO_{2\max}$), variável que reflete a condição aeróbia individual nos indivíduos, sugerindo que a utilização da HC pode ser uma alternativa para a manutenção da saúde e da independência na vida diária. Hettinga *et al.*²⁰ também afirmam que além de proporcionar maior eficiência biomecânica a HC permite a realização de um exercício seguro com menor risco de lesões nos membros superiores quando comparada a CRC.

Com relação ao tempo de uso diário da HC, foi encontrada uma média de 5,87 horas, somente para os grandes deslocamentos entre a moradia, geralmente nos bairros e periferia, e o local de trabalho no centro da cidade. Percebe-se que o elevado coeficiente de variação encontrado, de 51,82, indica uma não-uniformização nos dados, entre eles um dos sujeitos da amostra relatou utilizar a HC por apenas uma hora, pois permanece muito tempo em casa, desempregado e utilizando órteses nos membros inferiores para ajudar na locomoção. O interessante é que mesmo sendo um equipamento desenvolvido sem nenhum estudo científico, as cadeiras em estudo possuem uma maior eficiência mecânica e uma melhor estabilidade em relação à CRC. Os sujeitos da amostra relataram que a HC lhes permite percorrer grandes distâncias, em média seis quilômetros diários, com esforço reduzido e com uma velocidade de deslocamento similar a de uma bicicleta e, conseqüentemente, maior que a CRC. Embora aspectos sociais de distinção entre os usuários dos dois tipos de cadeiras devam ser considerados, parece evidente que a HC proporciona uma ação biomecânica menos lesiva e ao mesmo tempo uma maior capacidade de produção de movimento para o conjunto cadeira-cadeirante. Toledo *et al.*²¹ afirmam que a capacidade de produção de força depende de vários fatores, tais como a relação comprimento x tensão, força x velocidade e o recrutamento das fibras, os quais estão favorecidos na HC, devido a sua ergonomia.

Foram relatadas lesões nos punhos, dedos, dores nos ombros e antebraços por quatro usuários que utilizavam CRC; já com o uso da HC não foi relatada nenhuma lesão. A propulsão na CRC sobrecarrega excessivamente os membros superiores, em especial os ombros, utilizando-os mais frequentemente e em maior variabilidade de atividades, como na manobra de *push-up* (movimento de extensão do cotovelo realizado pelos usuários de CR para alívio da pressão na região glútea) e das forças de atrito na CRC.

Finley *et al.*²² investigaram aspectos biomecânicos da propulsão em usuários da CRC e relataram ângulos de movimento para flexão de 5,7° e extensão de 48°, enquanto que na abdução encontraram valores de entre 19,5° e 39,7°. Os mesmos pesquisadores sugerem que as ações musculares realizadas em um maior número de planos de movimento estão relacionadas a uma maior carga mecânica, e que cargas repetitivas ao longo do dia podem provocar o aparecimento

de outras lesões. Verificou-se que os movimentos realizados nessa cadeira acontecem em grande parte no plano sagital, com um ângulo de flexão do braço inferior a 90° e extensão de 10°, e que a movimentação do braço no plano frontal foi praticamente imperceptível. Sendo assim, o movimento realizado dentro dos limites propostos se torna menos lesivo, pois não há compressão da cabeça do úmero sobre o ligamento coraco-umeral e bursa sub-acromial. Abdução realizada também é mínima, não colocando em estresse os músculos do manguito rotador, os quais são mais acometidos em usuários de CRC. Dallmeijer *et al.*²³ afirmam que o estresse fisiológico provocado pelo uso da HC é significativamente menor que a CRC, gerando uma melhor resposta ao exercício físico; daí a conclusão de que esse tipo de CR é extremamente benéfica para o uso diário de indivíduos com algum problema no aparelho locomotor.

Segundo Ninomyia *et al.*¹⁷, os usuários de CRC relatam com frequência dores no ombro, com sintomatologia típica de tendinopatia de manguito rotador associada ou não com osteoartrite, de acordo com o tempo de uso da cadeira. Em estudo realizado em Campinas, 55,56% dos usuários apresentaram queixas de dor no ombro e em 60% desses foi encontrada alteração no manguito rotador no exame de ultrassonografia. Para Gianini *et al.*²⁴, a prevalência de lesões no ombro é um processo que depende do tempo de uso, aumentando a frequência das lesões de acordo com os anos de uso da cadeira. Isto pode ser acompanhado de declínio funcional e troca da CRC por uma cadeira de rodas motorizada.

Com relação à absorção de impacto, foi verificado o uso de almofadas por todos os usuários, pois além de absorver o choque oriundo da movimentação da HC também podem minimizar o aparecimento de úlcera de pressão. Segundo Linder-Ganz *et al.*²⁵, usuários de CRC apresentam frequentemente, como complicação, úlcera de pressão, devido à permanência durante muitas horas na posição de decúbito dorsal ou sentada, sendo as mais frequentes no cóccix e na tuberosidade isquiática: cerca de 80% dos usuários de CRC já tiveram esse problema, e 8% deles chegaram a desenvolver uma sepsis. A utilização de acessórios para maior conforto e principalmente para evitar danos ao organismo é de fundamental importância, e é nesse sentido que é preciso investigar e aperfeiçoar outros mecanismos de locomoção como a HC, que demonstra vários aspectos positivos no uso.

As HCs investigadas nesta pesquisa foram desenvolvidas a partir de uma CRC a qual foi acoplada uma roda dianteira, substituindo as duas rodas pequenas, conforme relato dos usuários entrevistados. Esse conceito de apenas uma roda a frente foi discutido por Siebert²⁶, o qual considerou a segurança como o aspecto mais importante no desenvolvimento do seu protótipo. Siebert²⁶ apresentou uma HC com duas à frente e uma atrás da cadeira, a ideia foi proporcionar proteção as pernas do usuário, as quais ficam posicionadas entre as rodas dianteiras. Com relação ao sistema de propulsão de força, as HCs investigadas nesta pesquisa caracterizam-se por possuírem um mecanismo de transmissão de força assíncrono: enquanto um dos membros superiores preconiza movimentos extensores, o outro segmento preconiza ações flexoras. Van der Van der Woude *et al.*²⁷ compararam a eficiência biomecânica entre o sistema síncrono e o assíncrono, os pesquisadores concluíram que o sistema síncrono possui mais eficiência biomecânica e que é menos lesivo que o sistema assíncrono.

Quatro sujeitos relataram que já usaram a CRC durante certo tempo e que, nesse período, o índice de quedas foi grande, devido a pouca estabilidade da cadeira nas diferentes situações enfrentadas pelo usuário nas ruas, como superar as irregularidades das vias e dividir espaço com veículos motorizados. Outro aspecto que reduz ainda mais as condições de equilíbrio e estabilidade da CRC é o fato de que o usuário, em determinados momentos, principalmente na transposição de obstáculos, deve-se locomover em duas rodas, reduzindo consideravelmente o valor do momento torçor, considerando o eixo transversal ao sentido do movimento, e a exigência de um determinado nível de habilidade motora.

McGinnis²⁸ e Hall²⁹ relatam que a estabilidade de um objeto está relacionada com uma maior área da base de sustentação, formada por um polígono, e com menor altura do centro de gravidade. A área da base de sustentação da HC é maior que a área da CRC, devido à posição da

roda da frente; embora o centro de gravidade das duas cadeiras possa ter pequenas variações, a estabilidade da HC é maior em função do posicionamento dos seus três pontos de apoio, em comparação com os quatro pontos de apoio da CRC, duas rodas grandes e duas pequenas. Um aspecto interessante é que nas CRC a estabilidade está relacionada à habilidade motora e à eficiência mecânica. Finley *et al.*²² afirmam que a força utilizada para movimentar a CRC é uma força tangencial aplicada a uma estrutura metálica paralela a roda, onde uma parcela dessa mesma força é utilizada para realizar o equilíbrio dinâmico e outra parcela, para aderência da mão à roda (atrito). A movimentação da cadeira muitas vezes é realizada em duas rodas, aumentando a instabilidade e o grau de habilidade motora exigido do usuário para manter o sistema em equilíbrio.

As ruas e avenidas investigadas nesta pesquisa não apresentam nenhuma estrutura ou local para o uso da HC; a maioria das que levam ao centro das cidades são de calçamento irregular. É importante registrar que nenhuma via apropriada, do tipo ciclovia, foi encontrada. Os sujeitos da pesquisa relataram que dividem o trânsito com veículos automotores, colocando suas vidas em risco constantemente. Além dos problemas nas ruas, verificou-se que as calçadas também não apresentam condições mínimas para o deslocamento, pois a ausência de rampas e a existência de muitos buracos e postes de iluminação no meio do trajeto dificultam o trânsito, tanto da HC como da CRC. O acesso a prédios públicos e aos meios de transporte coletivo são os maiores problemas enfrentados pelo usuário da HC, embora em algumas situações existam locais de acesso para a CRC; para a HC, contudo, nenhum local ou dimensionamento foi encontrado. Apesar das evidências relatadas, relacionadas à acessibilidade, a HC também é uma alternativa de emprego para indivíduos de baixa renda. Na presente pesquisa verificou-se que muitos usuários utilizam seu veículo como um meio de trabalho, possibilitando uma alternativa para a criação de novos empregos.

CONCLUSÕES

Apesar de ter sido desenvolvida artesanalmente, é um tipo de implemento que apresenta melhor eficiência mecânica, maior estabilidade, maior velocidade de deslocamento, no qual o usuário pode se deslocar com mais segurança dentro das cidades. O sistema de transmissão de força nos membros superiores é menos lesivo que a cadeira convencional, visto que a manivela manual proporciona uma excelente forma para a produção de energia mecânica, pois os movimentos realizados não acometem as estruturas músculo-articulares. Esse tipo de cadeira de rodas proporciona um desenvolvimento da aptidão física, ao qual um aumento no consumo máximo de oxigênio também está relacionado, proporcionando, assim, uma melhora na qualidade de vida do usuário. As questões relacionadas à acessibilidade são aspectos inferiores devido às dimensões da *handcycle* serem superiores às da cadeira de rodas convencional. Entretanto, atividades profissionais como a de vendedor ambulante, carteiro e entregador de encomendas são alternativas possíveis de remuneração e de inserção desses indivíduos na sociedade. Conhecer aspectos relacionados à ergonomia das cadeiras de rodas *handcycle* pode contribuir para o desenvolvimento de novos implementos e também como parâmetro para novas pesquisas na área, além de incentivar o uso de um implemento seguro, promotor da qualidade de vida.

A principal limitação desta pesquisa foi a dificuldade em encontrar indivíduos para compor a amostra utilizada. A ausência de um banco de dados sobre o indivíduo deficiente físico forçou os pesquisadores a investigar através de relatos dos próprios cadeirantes aonde poderiam ser encontrados usuários da *Handcycle*.

Sugere-se como pesquisas nessa área dois estudos descritivos: uma comparação entre a aptidão cardiorrespiratória de usuários da cadeira de rodas convencional e usuários da *Handcycle* e; uma análise cinemática entre usuários da cadeira de rodas convencional e usuários da *Handcycle*.

REFERÊNCIAS

1. Silva OM. A epopéia ignorada: a pessoa com deficiência na história do mundo de ontem e hoje. São Paulo: CEDAS, 1986.
2. Bissoto ML. Educação inclusive e exclusão social. Revista Educação Especial 26, 91-108, 2013.
3. IBGE, Censo Demográfico 2010, Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Caracteristicas_Gerais_Religiao_Deficiencia/tab1_3.pdf>.
4. Neri M. Retratos da deficiência no Brasil. Rio de Janeiro: FGV/IBRE/ CPS, 2003.
5. Santos A, Santos LKS, Ribas VG. Acessibilidade de habitações de interesse social ao cadeirante: um estudo de caso. Ambiente Construído 5, 55-75, 2005.
6. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9050. Acessibilidade de Pessoas Portadoras de Deficiências a Edificações, Espaço, Mobiliário e Equipamento Urbano. Rio de Janeiro, 2004.
7. Van der Woude LHV, Veeger HEJ, Dallmeijer AJ, Janssen TWJ, Rozendaal LA. Biomechanics and physiology in active manual wheelchair propulsion. Med Eng Phys 23, 713-733, 2001.
8. Zavaglia CAC. O biomaterial: desenvolvimento e aplicações. VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica. 1999, Florianópolis.
9. Wilson DG. Bicycling Science. 3 ed. Massachusetts: The MIT, 2004.
10. Witt L, Belletti MK, Machado PT, Vagheti CAO. Acessibilidade de cadeira de rodas triciclo em prédios públicos e principais ruas das cidades de Pelotas e Rio Grande (RS) In: 58ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC & T semeando interdisciplinaridade. 2006, Florianópolis.
11. Jansen TWJ, Dallmeijer AJ, Van Der Woude LHV. Physical capacity and race performance of handcyclers. J Rehabil Res Dev 38, 33-40, 2001.
12. Gustav N. Elementos de máquinas. v. 3 São Paulo: Edgar Blucher, 1996.
13. Jackson DL, Hynninen BC, Caborn DN, McLean J. Electrodiagnostic study of carpal tunnel syndrome in wheelchair basketball players. Clin J Sport Med 6, 27-31, 1996.
14. Boninger ML, Cooper RA, Robertson RN, Rudy TE. Wrist biomechanics during two speeds of wheelchair propulsion: an analysis using local coordinate system. Arch Phys Med Rehab 78, 364-72, 1997.
15. Curtis KA, Tyner TM, Zachary L, Lentell G, Brink D, Didyk T, Gean K, Hall J, Klos J, Lesina S, Pacillas B. Effect of a standard exercise protocol on shoulder pain in long-term wheelchair users. Spinal Cord 37, 421-9, 1999.
16. Agur AMR, Dalley AF. Grant: Atlas de Anatomia. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2006.
17. Ninomyia AF, De Jesus CLM, Auletta LL, Rimkus CM, Ferreira DM, Zoppi Filho A, Cliquet Junior A. Análise clínica e ultrassonográfica dos ombros de pacientes lesados medulares em programa de reabilitação. Acta Ortop Bras 15, 109-113, 2007.
18. Linton SJ, Götestam KG. A clinical comparison of two pain scales: correlation, remembering chronic pain, and a measure of compliance. Pain 17, 57-65, 1983.
19. Faires VN. Elementos orgânicos e máquinas. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

20. Hettinga FJ, Valent L, Groen W, Van Drongelen S, Groot S, Van der Woude LHV. Hand-Cycling: An Active Form of Wheeled Mobility, Recreation, and Sports. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 21, 127-140, 2010.
21. Toledo JM, Ribeiro DC, Loss JF. Critérios mecânicos para progressão de exercícios de rotação interna e externa do ombro no plano sagital. *Rev Bra Fisioter* 11, 49-56, 2007.
22. Finley MA, Rasch EK, Keyser RE, Rodgers MM. The biomechanics of wheelchair propulsion in individuals with and without upper-limb impairment. *J Rehabil Res Dev* 41, 385-394, 2004.
23. Dallmeijer AJ, Ottjes L, Waardt E, Van Der Woude LHV. Physiological comparison of Synchronous and Asynchronous Hand Cycling. *Int J Sports Med* 25, 622-626, 2004.
24. Gianini PES, Chamlian TR, Arakaki JC. Dor no ombro em pacientes com lesão medular. *Acta Ortop Bras* 14, 44-47, 2006.
25. Linder-Ganz E, Scheinowitz M, Yizhar Z, Margulies SS, Gefen A. How do normals move during prolonged wheelchair-sitting? *Technol Health Care* 15, 195-202, 2007.
26. Siebert M. Adjustable handbike-chassis for offroad-use ("Mountain handbike"). *Procedia Engineering* 2, 3157-3162, 2010.
27. Van der Woude LHV, Horstman A, Faas P, Mechielsen S, Bafghi HA, Koning JJ. Power output and metabolic cost of synchronous and asynchronous submaximal and peak level hand cycling on a motor driven treadmill in able-bodied male subjects. *Med Eng Phys* 30, 574-580, 2008.
28. McGinnis PM. *Biomecânica do Esporte e Exercício*. Porto Alegre: Artmed, 2002.
29. Hall SJ. *Biomecânica básica*. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2005.

Recebido em Setembro de 2012

Aceito em Novembro de 2012

Publicado em Dezembro de 2012